蔬菜抗蟲育種

陳炳輝

臺灣省農業試驗所

蔬菜可提供我們豐富之維生素、礦物質及纖維素等，乃人類生活之必需品。而隨著國人生活水準之提升，平均每人每年蔬菜之消費量，自 1945 年之 38 公斤增至 1991 年之 120 公斤，而其總栽培面積亦較光復前增加近 5 倍 (蕭 1996)。蔬菜之種類繁多，包括葉菜類、莖菜類、根菜類、花菜類及果菜類等五大類，而發生之害蟲種類亦不計其數。其中不乏重要之經濟害蟲如危害十字花科蔬菜之小菜蛾、紋白蝶、斜紋夜盜、黃條葉蚤及偽菜蚜等；危害瓜類之瓜蚜、瓜實蠅；危害番茄之番茄夜蛾等。

針對此等蔬菜害蟲之防治，長久以來一直依賴化學藥劑。但過度施用農藥往往造成環境污染、危及人畜及引起害蟲產生抗藥性等惡性循環之問題。 所幸近年來國人環保意識日漸覺醒，而消費者對無農藥殘毒、清潔安全蔬菜之需求日殷。 因此，其他非農藥防治方法如生物防治便極受重視。 而抗蟲育種便是廣義生物防治之其中一種蟲害防治方法。 簡單的說，它利用育種技術，將抗蟲基因導入栽培品種後栽植，是一種既經濟、安全、又有效之方法。

國外作物抗蟲育種之研究起步甚早，在抗小麥癭蚊、高粱黍蚜、歐洲玉米螟、瓜蚜、及擬尺蠖等均有顯著成績。 但國內則相對地較晚且少，至目前為止，僅水稻抗褐飛蝨之育種較具基礎，而園藝作物如蔬菜之抗蟲研究方面，則付之闕如。 因園藝蔬果作物之經濟重要性日增，為減少對化學藥劑之依賴，加強抗蟲育種研究已刻不容緩。 本文就發展抗蟲育種之基本條件、作物與害蟲之關係、抗蟲來源與機制、抗性遺傳、及育種方法等分別敘述，並舉實例說明，以供有意從事者之參考。

抗蟲研究相關名詞與定義

一、抗蟲性 (insect resistance)：為植物具有之一種相對的、可遺傳之特性，可影響害蟲之危害度(Painter, 1951)。換言之，抗蟲性係表示某作物之品種，在相同之害蟲密度下，比感蟲品種更耐害蟲之危害。

二、抗蟲等級 (levels of resistance) 有下列數種：

1.免疫 (immune)：在任何情況，有此特性之作物永無某種特定害蟲之發生。

2.極抗 (highly resistant)：作物之某品種，在某種情況下受某種害蟲取食，僅造成些微損失。

3.中抗 (moderately resistant)：介於極抗與稍抗之間。

4.稍抗（low resistant）：作物之某品種，在某種情況下受某種害蟲取食，比該種作物之平均受害度稍低。

5.感蟲（susceptible）：作物之某品種，在某種情況下受某種害蟲取食，比該種作物之平均受害度稍高。

6.極感蟲（highly susceptible）：作物之某品種，在某種情況下受某種害蟲取食，遠超過該種作物之平均受害度。

另外，某些與抗性有關但非遺傳性，而由環境因子影響之現象，稱為假抗性（pseudo-resistance）。一般可分為三型：

1.逃避現象（host evasion）：在某種環境下，某作物能迅速渡過其最易受害之生長期以避免受害，如早熟品種。

2.誘導抗性（induced resistance）：當作物或其生長環境有變化所造成之暫時性抗蟲現象。

3.免除現象（escape）：某作物品種在栽培過程並無蟲害發生，故原本感蟲品種可能無受害。

三、抗性機制（mechanism of resistance）：可區分為三類：

1.非偏好性（nonpreference）或抗棲性（antixenosis）：當昆蟲覓食、棲息時，對某作物品種呈負性或完全避開之反應。

2.抗生性（antibiosis）：造成取食昆蟲產生不良影響，如降低其存活率、致使發育不良、體形變小、繁殖率差等現象。

3.忍受性（tolerance）：某作物品種能承受相當數量害蟲之危害，在相同害蟲密度下，會造成感蟲品種嚴重之損失。

一般而言，作物之抗性機制，可能同時存在或相互交感而更強化抗性程度。

四、一般常見之抗性相關名詞：

1.垂直抗性（vertical resistance）或專一抗性（specific resistance）：僅對某種害蟲之一種或少部分生物小種具抗性。

2.水平抗性（horizontal resistance）或一般抗性（general resistance）：對某些害蟲之全部生物小種均具抗性。

3.過敏抗性（hypersensitive resistance）：作物對病蟲害之迅速反應使受害部位壞死，使感染源不活化而僅局部受害。

4.成株期抗性（adult plant resistance）：抗性在成株時才表現。

5.幼期抗性（juvenile resistance）亦稱苗期抗性（seedling resistance）：抗性在苗期或幼株時表現。

6.田間抗性（field resistance）：在田間之抗性表現與在室內截然不同。此可能與幼期、成株期抗性有關，亦可能與害蟲生物小種之發生有關，有可能包括抗生、抗棲及忍受性等三種抗性機制。

7.多重抗性（multiple resistance）：某作物品種集多種病蟲害抗性基因於一身，如苜蓿（alfalfa）之一合成品種，Kanza，能抗一種細菌性萎凋病、二種蚜蟲（spotted alfalfa aphid, pea aphid）。

8.單因子抗性（monogenic resistance）：抗性由單一因子所控制。

9.寡因子抗性（oligogenic resistance）：抗性由少數因子所控制。

10.多因子抗性（polygenic resistance）：抗性由多數因子所控制。

單因子與寡因子抗性，通常稱為主效因子抗性（major gene resistance），而多因子抗性則為微效因子抗性（minor gene resistance）。

五、生物小種（biotype）：某種害蟲之個體或群體，其外部形態與同種之其他個體或群體無異，但能危害抗後者之抗性品種使之變為感蟲，此種個體或群體即為該種害蟲之生物小種。一般而言，具抗生作用之抗性品種，易使害蟲衍生新的生物小種。

發展作物抗蟲研究之要件

一、團隊合作（team approach）：

作物抗蟲工作非單人所能獨力完成，必須藉由育種、昆蟲、病理、遺傳、栽培等相關專業人員之分工合作方能完成。譬如，育種人員收集種源，昆蟲人員負責繁殖飼育害蟲族群，進行供試種源抗蟲檢定。遺傳人員分析抗蟲因子，供育種者將之導入商業品種中。

二、完整之文獻資料收集：

團隊各成員應針對標的作物或害蟲，儘量收集文獻資料。如標的作物之外部形態、繁殖方式、生長習性、地理起源與分布、遺傳、經濟重要性等。對標的害蟲之分類、形態、生理、生活史、地理分布、寄主範圍、遺傳、天敵及飼育技術等均須充分瞭解。

三、抗蟲檢定：

包括室內與田間檢定二種。各有其優缺點，最好二者均備。一般而言，室內檢定之優點包括全年均可進行不受時空限制；害蟲族群可控制，不會產生 escape 之假性抗性；蟲源與供試材料之最適期可互相配合。

缺點則是室內飼育之蟲源，因缺乏自然環境之選汰，較難代表田間自然族群；室內飼育蟲源往往因密度高易染病，不易維持高密度族群。田間檢定之優點在自然發生之害蟲族群，具代表性、能檢定大量供試品種系，檢定結果正確可靠。

缺點則是害蟲發生密度可能隨季節、年度而異，分布亦難均勻，故所得結果可能變異較大。而且，如害蟲僅年發生一代，則須在極適當時間內進行檢定工作，否則將會失去良機。

蔬菜抗蟲研究現況

一、抗蟲機制（mechanism of resistance）之探討：

Kennedy (1978) 報導至少已對二十餘種蔬菜進行抗蟲研究。種類包括豆類、甘藍、花椰菜等十字花科類、瓜類、胡蘿蔔、及茄科蔬菜之茄子、馬鈴薯、番茄

等。 其中，茄子 (*Solanum melongena*) 對一種葉蟬 (*Amrasca biguttula*)；番茄 (*Lycopersicon esculentum*) 對番茄夜蛾 (*Heliothis zea*)；甘藍對甘藍擬尺蠖 (*Trichoplusia ni*) 及豌豆(*Pisum sativum*) 對豆蚜(*Acyrthosiphon pisum*) 等均屬抗生作用。

屬於非偏好性 (nonpreference) 或抗棲性 (antixenosis) 抗性機制之例子如：十字花科蔬菜之葉面腊質對葉蚤類害蟲具抗棲作用 (Kalloo 1988)；黃秋葵 (*Abelmoschus esculentus*) 對葉蟬 (*Empoasca devastans*)；抱子甘藍 (brussels sprouts) 對某些鱗翅類害蟲，以及蕪菁 (turnip) 對蕪菁蚜蟲等。 Bohn et al. (1972) 報導洋香瓜品系 LJ 90234 對瓜蚜 (*Aphis gossypii*)之抗性包括抗棲、抗生及忍受性等三個機制。 Eigenbrode et al. (1991) 亦報導具光滑腊質之甘藍 (*Brassica oleracea*) 對初齡小菜蛾幼蟲除具抗棲作用外，亦因該蟲不喜棲息而導致減少取食，以致降低存活率，因此亦具抗生作用。 Kumar et al. (1995) 檢定幾種 *Lycopersicon* 屬對西方花薊馬(*Frankliniella occidentalis*) 之抗性反應，發現 *L. hirsutum f. glabratum*, *L. pennellii* 等對若蟲具高度抗棲性，而 *L. chilense* 為中度抗棲性。西方花薊馬成蟲之取食量以在 *L. hirsutum* 上最少，而在 *L. peruvianum* 與 *L. parviflorum* 上最多。

二、抗蟲來源 (source of resistance) 研究：

1.十字花科類作物 (cole crops)：

相關研究較多，如甘藍、花椰菜等抗菜蚜 (*Brevicoryne brassicae*)、甘藍擬尺蠖、甘藍螟蛾 (*Manestra brassicae*) 及紋白蝶 (*Pieris rapae*) 等。抱子甘藍之紅葉品種"Rubin" 比綠葉者較抗紋白蝶與甘藍螟蛾。同樣，甘藍之紅色品種 Storage red 4004 抗紋白蝶，而 PI 296133, PI 302985 品系則抗擬尺蠖。花椰菜之二品系 PI234599, PI 343483 抗小菜蛾、擬尺蠖及紋白蝶。 Lin et al. (1984) 發現小菜蛾在 PI234599 品系上，幼蟲無法完全發育。

2.瓜類(cucurbits)：

研究主要著重於甜瓜(*Cucumis melo*)、胡瓜(*C. sativus*) 及南瓜(*Cucurbita moschata*) 等作物。 瓜實蠅是主要害蟲，幾乎所有網紋甜瓜(muskmelon) 均為感蟲，僅野生種 *Cucumis callosus* 發現抗性。對瓜蚜抗性檢定發現 "Home garden" 甜瓜品種具抗性。而 "AR Hale's Best Jumbo", "AR 5", "AR Topmark" 等品種之抗蚜性，則源自於 PI 371795 品系 (McCreight et al. 1984)。 Simmons and McCreight (1996) 篩選 31 種甜瓜品種系對銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii*)之抗性，發現 PI 27796, PI 125861, PI 125918 等品系，銀葉粉蝨密度最低、植株生長勢較強。此等品種系可供進一步評估利用。

3.茄科作物 (Solanaceous crops)：

(1)*Solanum* 屬種類：

馬鈴薯(*S. tuberosum*) 抗蟲性低，大多數之抗性來自南美阿根廷、秘魯之野生種。其中 *S. brachistotrichum* 對桃蚜(*Myzus persicae*) 具抗性，另外六種具低度抗性。 茄子(*S. melongena*) 也為 *Solanum* 屬重要作物，受螟

蟲為害至鉅。抗蟲篩選結果，栽培品種無一具抗性，而野生種 *S. khasianum* 則具抗蟲性。

(2)番茄屬 *Lycopersicon* 種類：

番茄夜蛾(*Heliothis armigera, H. zea*)係最嚴重害蟲，抗蟲篩選結果顯示 *L. hirsutum f. glabratum* 對 *H. armigera* 具高度抗性。而在篩選 1,030 個番茄(*L. esculentum*) 種原中，一個品種"Ting Tim" 對 *H. zea* 之感蟲性最小，夜蛾幼蟲在抗性品系之存活率與發育均受影響(Kennedy et al. 1987)。

潛葉蠅(*Liriomyza spp*) 亦為番茄之重要害蟲，而 PI 126449 較具抗性，其葉片較少受害。 另外， *L. hirsutum, L. hirsutum f. glabratum, L. pennellii* 對粉蝨(whitefly) 表現高度抗性，其中， *L. hirsutum f. glabratum* 之抗性已由回交法導入栽培品種 *L. esculentum* 。

Heinz and Zalom (1995) 測定 20 種栽培品種及 7 種野生番茄對銀葉粉蝨之抗性反應，結果發現該蟲完全不在野生種 *L. pennellii* 上產卵，與其餘商業品種呈極顯著之差異。

三、抗性遺傳研究：

研究抗性遺傳之方法係檢定抗蟲與感蟲之 F_1, F_2 及回交後代，計數其抗或感性反應，以估測抗性究由幾個或何種基因所控制。進行抗性遺傳分析之困難在於供試作物之抗性普遍不明顯，而難分別抗或感蟲。另外，大量飼育害蟲供試不易亦為主因。

蔬菜之抗性遺傳分析研究主要有番茄、瓜類及豇豆(cowpea) 等。 野生番茄 *L. hirsutum f. glabratum* 對番茄夜蛾 *H. zea* 之抗性遺傳分析得知係由隱性因子(recessive factor) 所控制。對另外一種夜蛾 *H. armigera* 之抗性遺傳研究，顯示分離後代之遺傳比率不明顯，說明此抗性係由二個以上因子控制。 Heinz and Zalom (1995)利用漸滲性(introgression)雜交方法，發現 *L. pennelli* 對銀葉粉蝨之抗性分佈於五條不同染色體，而以其中之一最為重要。 Lin et al. (1984) 報導抗小菜蛾之花椰菜與甘藍，其葉片呈暗綠且表面光滑，此特性具遺傳性，其廣義遺傳率分別為 0.75 與 0.88 。

甜瓜品系 LJ 20234 對棉蚜(*A. gossypii*) 之抗性屬容忍性，經遺傳分析得知此抗性由一顯性單因子控制，此因子經命名為 Ag 因子。而 LJ 90230 品系對 *A. gossypii* 之容忍抗性因子較複雜(Bohn et al. 1973)。 Kishaba et al. (1976) 發現 PI 371795 洋香瓜品系抗棉蚜之抗生作用係由一對顯性因子所控制。南瓜(summer squash) 對瓜椿象(squash bug) 之抗性遺傳研究發現 F_1 呈感蟲反應，而 F_2 則表現連續性變異，顯示抗性由 3-6 個數量因子(quantitative factors) 所支配。萵苣對桃蚜之抗性亦由數量因子控制，且有因子上位效應(epistatic effects)。

四、外部形態之抗性

某些蔬菜之外部形態、特徵能影響害蟲之發生，此等特徵均可加以利用。

1.十字花科類：

蔬菜葉面之色澤、腊質或光滑對害蟲之抗性與否視作物與害蟲種類而異，如葉蚤(flea beetle) 較少在有腊質葉面之抱子甘藍取食。相反的，具腊質之芥藍菜(marrow-stem kale) 則易受蚜蟲與粉蝨之為害。 Eigenbrode et al. (1991) 報導小菜蛾在甘藍光滑腊質之葉面上移動速率最大，明顯不喜取食，因而對小菜蛾具抗性。 Stoner (1992) 調查發現光滑葉面之花椰菜可減少 80% 紋白蝶與 95%偽菜蚜之危害。

2.茄科作物之茄屬(*Solanum*)種類：

野生種 *S. berthaultii* 之有腺細毛(grandular trichomes) 密佈於葉片與枝幹上，為對桃蚜(green peach aphid) 與馬鈴薯葉蟬(potato leafhopper)防禦工具，此特性可移轉至馬鈴薯栽培品種 *S. tuberosum*。此種分佈於 *S. berthaultii* 葉部之 B 型細毛，會干擾桃蚜之取食，而所分泌之黏液，能捕捉桃蚜，使之死亡，因而亦可降低桃蚜之傳病率。

3.番茄屬(*Lycopersicon*)之種類：

Lycopersicon 野生種之腺体細毛在抗蟲上佔有重要性，*L. hirsutum* 之細毛長且密，已知抗多種害蟲，如科羅拉多馬鈴薯甲蟲(Colorado potato beetle)、粉蝨(whitefly)、煙草葉蚤(tobacco flea beetle)、馬鈴薯蚜蟲等。番茄抗夜蛾之部位在果實外皮處，而夜蛾幼蟲之發生密度與果實外皮長度、花萼質地及花數有關。一般言之，小果實受害較輕，大果實受害嚴重。

4.豌豆類：

細毛數及密度與抗蟲性成正比，在 *Vigna unguiculata* 豆莢之厚度與豆象鼻蟲侵入呈負相關，而品種間之厚度差異頗大。鉤狀細毛(hook trichomes)對害蟲是一種物理障礙，對葉蟬等体質較軟之害蟲，能直接穿刺其近腿節之腹部組織而產生抗性。

5.瓜類：

有光滑葉面之品種比具絨毛者較抗瓜類害蟲 pickle worm ，因為該種成蟲在光滑品種之產卵較少。此一非偏好性反應，可能與光滑葉面使害蟲產卵無法產生觸覺刺激(tacticle stimulus)有關。 在南瓜屬(Cucurbita)之種類，維管束硬者受南瓜螟蛾(squash vine borer) 幼蟲危害較少而抗性較強。

五、抗性之生化：

野生番茄 *L. hirsutum f. glabratum* (PI 134417) 分離出二種成分，是本種番茄抗多種害蟲之主因。 一種是二已酮(2-tridecanone)，乃從其腺体細胞分泌物所含之一種非生物鹼(nonalkaloid)，其含量比普通番茄品種高出數倍，對害蟲具毒害之抗生作用(Eigenbrode and Trumble 1993)。另一種為 α-番茄素(α-tomatine)，屬於生物鹼，對番茄夜蛾幼蟲及寄生天敵均具毒性，其成份隨果實成熟而遞減。分析 PI 134417 野生番茄，每公斤生果含 3,390 毫克 α-tomatine，而栽培品種僅 5 毫克。 Juvik et al. (1994) 報導野生番茄之葡萄糖醯化物(acylglucoses) 會降低二種番茄夜蛾(*H. zea*, *S.*

exigua) 幼蟲之生長與發育及存活率。 Liedl et al. (1995) 則發現此類糖醯化物(acylsugars)會影響銀葉粉蝨之棲息及降低其產卵。

Habibi et al. (1993) 發現六種不同來源之植物黏蛋白(plant lectin) 能顯著降低馬鈴薯葉蟬之存活率。 瓜類之苦瓜素(cucurbitacin)含量與瓜類害蟲之發生有關，選擇該成分低之品種系，以育成對害蟲具非偏好抗性之品種。但 Tallamy et al. (1997) 發現苦瓜素對咀嚼式口器之非瓜類害蟲，有取食與產卵之忌避作用；對刺吸式口器者，反有刺激取食之作用。此外，十字花科作物之 sinigrin ，證明對桃蚜之取食有干擾作用。

六、抗蟲育種方法

抗蟲育種方法，一般以回交法將抗蟲基因從給體親(donor parent) 轉移至栽培品種。如野生番茄 *L. hirsutum f. glabratum* 抗粉蝨之因子轉移至栽培品種，其第一次回交後代除有原來番茄之園藝性狀外，亦同時具有抗蟲性。萵苣(*Lactuca sativa*) 抗萵苣葉蚜(*Nasonovia ribis nigri*) 之育種，係以種間雜交(interspecific hybridization) 與回交法將抗蟲基因從野生萵苣(*L. virosa*) 轉移而來(Eenink et al. 1982)。 Dickson et al. (1984) 報導以譜系法育成抗紋白蝶、擬尺蠖及小菜蛾之 NYIR 9602, 9605 及 8329 等甘藍品系。 McCreight et al. (1984) 以回交法將抗蚜基因自抗蟲親本 90234 品系轉移至有優良性狀之洋香瓜栽培品種，分別育成 AR Hale's Best Jumbo, AR5 及 AR Topmark 等三個抗棉蚜之洋香瓜品系。

針對由微效基因所控制之抗蟲特性，宜用輪迴選種法(recurrent selection)進行族群改良(population improvement)。 Sanford and Ladd (1987) 以輪迴選種法，進行馬鈴薯抗馬鈴薯葉蚜之族群改良，經過七世代之輪迴選種結果，新選育之馬鈴薯比未經選拔之族群減少 68% 之受害度。

抗蟲育種之優缺點與利用

蔬菜抗蟲育種之目的，在育成蔬菜品種既抗蟲又具高產、高品質等特性。一般而言，利用抗蟲育種方法防治害蟲之優缺點如下：

一、優點：

1.經濟：對農民而言，唯一之花費為購買種子，如栽培一般品種，除種子費用外，尚需施藥。

2.無危險性(nonhazardness)：與化學防治相比，栽種抗蟲品種不會產生農藥殘毒、污染環境等問題。

3.可降低害蟲密度：即使栽植低抗性品種，乃能抑制害蟲族群之增長。

4.對非標的生物體之干擾較小：由於抗蟲性均較專一，故對其他益蟲之影響較小。

5.可與其他防治方法相容。

二、缺點：

1.較耗時：因與育種有關，需數年以育成抗蟲品種，屆時標的害蟲或已不具經濟重要性。

2.抗性之專一性：僅對某一種害蟲有抗性，對其他害蟲有可能極感。

3.抗蟲品種之遺傳變異較窄：因為抗性來源可能僅來自單一品系。

4.生物小種（biotype）之問題：抗蟲品種經推廣後，如選汰壓力大，則害蟲易衍生生物小種，使原為抗蟲之品種變為感蟲。一般而言，抗蟲性持續多久端視抗蟲作物與害蟲間交互作用（interaction）而定。

抗蟲育種在作物害蟲管理體系（integrated pest management, IPM）之角色，有下列數種：

1.做為主要之害蟲防治方法。

(1)當無其他防治方法可用時。

(2)當條件不容許有任何農藥殘毒時。

2.可配合化學防治方法。

3.可配合生物防治方法：抗性芹菜(celery, PI 357333)配合蘇力菌之施用，綜合防治甜菜夜蛾(*S. exigua*)與甘藍擬尺蠖(Meade and Hare 1995)。

參考文獻

蕭吉雄　1966.　永續農業之葉菜育種生產策略.　永續農業 5:5-13.

Bas, N., C. Mollema, and P. Lindhout. 1992. Resistance in *Lycopersicon hirsutum f. glabratum* to the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporarium*) increases with plant age. Euphytica 640: 189-195.

Bodnaryk, R. P. 1992. Leaf epicuticular wax, an antixenotic factor in Brassicaceae that affects the rate and pattern of feeding of flea beetles, *Phyllotreta cruciferae* (Goeze). Can. J. Plant Sci. 72: 1295-1303.

Bohn, G. W., A. N. Kishaba, and H. H. Toba. 1972. Mechanisms of resistance to melon aphid in a muskmelon line. HortScience 7(3):281-282.

Bohn, G. W., A. N. Kishaba, J. A. Principe, and H. H. Toba. 1973. Tolerance to melon aphid in *Cucumis melo* L.J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98:37-40.

Daubeny, H. A. 1983. Insect, mite, and nematode resistance. P. 216-241. In: Methods in fruit breeding, Moore, J. N. and J. Janick (eds.), Purdue University Press, W. Lafayette, 464 pp.

Dickson, M. H., and C. J. Eckenrode. 1980. Breeding for resistance in cabbage and cauliflower to cabbage looper, imported cabbage worm, and diamondback moth. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105:782-785.

Dickson, M. H., C. J. Eckenrode, and A. E. Blamble. 1984. NYIR 9602, NYIR 9605, and NYIR 8329 lepidopterous pest-resistant cabbage breeding lines. HortScience 19(2): 311-312.

Eenink, A. H., R. Groenwold, and F. L. Deileman. 1982. Resistance of lettuce (Lactuca) to the leaf aphid *Nasonovia ribis nigri*. 1. Transfer of resistance from *L. virosa* to *L. sativa* by interspecific crosses and selection of resistant breeding lines. Euphytica 31: 291-300.

Eigenbrode, S. D., and J. T. Trumble. 1993. Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accessions. HortScience 28(9): 932-934.

Eigenbrode, S. D., and J. T. Trumble. 1994. Host plant resistance to insects in integrated pest management in vegetable crops. J. Agric. Entomol. 11: 201-224.

Eigenbrode, S. D., K. A. Stoner, A. M. Shelton, and W. C. Kain. 1991. Characteristics of glossy leaf waxes associated with resistance to diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) in *Brassica oleracea*. J. Econ. Entomol. 84: 1609-1618.

Frey, R. L., and F. P. Cuthbert, Jr. 1975. Antibiosis in *Lyco*persicon to the tomato fruitworm (*Heliothis zea*). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100: 276-278.

Habibi, J., E. A. Backus, and T. H. Czapla. 1993. Plant lectins affect survival of the potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). J. Econ. Entomol. 86: 945-951.

Heinz, K. M., and F. G. Zalom. 1995. Variation in trichome-based resistance to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) oviposition on tomato. J. Econ. Entomol. 88: 1495-1502.

Juvik, J. A., J. A. Shapiro, T. E. Young, and M. A. Mutschler. 1994. Acylglucoses from wild tomatoes alter behavior and reduce growth and survival of *Helicoverpa zea* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 87: 482-492.

Kalloo. 1988. Insect resistance in vegetable crops. P. 95-140. In: Vegetable breeding. Vol. II. Edited by Kalloo, CRC press, Boca Raton, 213 pp.

Kennedy, G. G. 1978. Recent advances in insect resistance of vegetable and fruit crops in North America: 1966-1977. Entomol. Soc. Amer. Bull. 24:375-384.

Kennedy, G. G., R. R. Farrar, and M. R. Riskallah. 1987. Induced tolerance of neonate *Heliothis zea* to host plant allelochemicals and carbaryl following incubation of eggs on foliage of *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum*. Springer-Verlag 73-615-620.

King, R. R., R. P. Singh, and A. Boucher. 1987. Variation in sucrose esters from the type B glandular trichomes of certain wild potato species. Am. Potato Jour. 64:529-534.

Kishaba, A. N., G. W. Bohn, and H. H. Toba. 1976. Genetic aspects of antibiosis to *Aphis gossypii* in *Cucumis melo* from India. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 557-561.

Kumar, N. K. K., D. E. Ullman, and J. J. Cho. 1995. Resistance among *Lycopersicon* species to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae). J. Econ. Entomol. 88: 1057-1065.

Liedl, B. E., D. M. Lawson, K. K. White, J. A. Shapiro, D. E. Cohen, W. G. Carson, J. T. Trumble, and M. A. Mutschler. 1995. Acylsugars of wild tomato

Lycopersicon pennellii alters settling and reduces oviposition of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 88: 742-748.

Lin, J., M. H. Dickson, and C. J. Eckenrode. 1984. Resistance of *Brassica* lines to the diamondback moth (Lepidoptera: Yponomeutidae) in the field, and inheritance of resistance. J. Econ. Entomol. 77: 1293-1296.

Maxwell, F. G., and P. R. Jennings. 1980. Breeding plants resistance to insects. Wiley & Sons, New York, 683 pp.

McCreight, J. D., A. N. Kishaba, and G. W. Bohn. 1984. AR Hale's Best Jumbo, AR 5, and AR Topmark: melon aphid-resistant muskmelon breeding lines. HortScience 19: 309-310.

Meade, T., and J. D. Hare. 1995. Integration of host plant resistance and *Bacillus thuringiensis* insecticides in the management of lepidopterous pests of celery. J. Econ. Entomol. 88: 1787-1794.

Painter, R. H. 1951. Insect resistance in crop plants. The Macmillan, Co., New York, 520 pp.

Painter, R. H. 1958. Resistance of plants to insects. Ann. Rev. Entomol. 3: 267-290.

Raman, K. V., W. M. Tingey, and P. Gregory. 1989. Potato glycoalkaloids: effect on survival and feeding behavior of the potato leafhopper. J. Econ. Entomol. 72:337-341.

Reinink, K., and F. L. Dieleman. 1989. Comparison of sources of resistance to leaf aphids in lettuce. Euphytica 40: 21-29.

Reinink, K., F. L. Dieleman, and R. Groenwold. 1994. Inheritance of partial resistance to *Myzus persicae* in lettuce. Euphytica 80: 71-78.

Robinson, R. W. 1992. Genetic resistance in the Curcurbitaceae to insects and spider mites. P. 309-360. In : Plant breeding review vol. 10 edited by Janick. Purdue University, published by John Wiley & Sons, N. Y. USA.

Sanford, L. L., and T. L. Ladd, Jr. 1987. Genetic transmission of potato leafhopper resistance from recurrent selection populations in potato *Solanum tuberosum* L. GP. Tuberosum. Am. Potato J. 64:655-662.

Simons, A. M., and J. D. McCreight. 1996. Evaluation of melon for resistance to *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Econ. Entomol. 89: 1663-1668.

Stoner, K. A. 1992. Density of imported cabbageworm (Lepidoptera: Pieridae), cabbage aphids (Homoptera: Aphididae), and flea beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) on glossy and trichome bearing lines of *Brassica oleracea*. J. Econ. Entomol. 85: 1023-1030.

Tallamy, D. W., J. Stull, N. P. Ehresman, P. M. Gorski, and C. E. Mason. 1997. Cucurbitacins as feeding and oviposition deterrents to insects. Environ. Entomol. 26: 678-683.

Tingey, W. M. 1980. Breeding for arthropod resistance in vegetable. P. 495-522. In: Biology and breeding for resistance to arthropods and pathogens in agricultural plants. Edited by M. K. Harris, Texas A & M University, p 605.